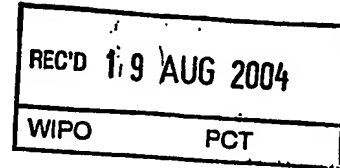


PCT/JP 2004/011324

30. 7. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年   8 月 2 5 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 3 0 0 6 5 6  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 3 0 0 6 5 6 ]

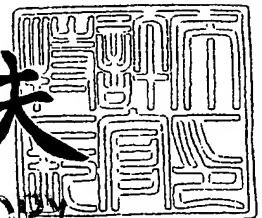
出 願 人                      京セラ株式会社  
Applicant(s):

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2 0 0 4 年   4 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号   出証特 2 0 0 4 - 3 0 3 7 6 0 4

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0000320561  
【提出日】 平成15年 8月25日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/36  
【発明者】  
    【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町 1 番 4 号 京セラ株式会社総合研究所内  
    【氏名】 田中 政博  
【発明者】  
    【住所又は居所】 北海道北見市豊地 3 0 番地 京セラ株式会社北海道北見工場内  
    【氏名】 小林 善宏  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006633  
    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地  
    【氏名又は名称】 京セラ株式会社  
    【代表者】 西口 泰夫  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 005337  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

長手方向に貫通孔を有するフェルールとそれに挿入する光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量および／または角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算することを特徴とする光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 2】**

フェルールの寸法パラメータの分布データと光ファイバの寸法パラメータの分布データから生ずる軸ずれ量分布、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから生ずる角度ずれ量分布を、ベクトルとして合成する際に、合成される 2 個の軸ずれベクトルまたは角度ずれベクトルの成す角を、合成した軸ずれベクトルまたは角度ずれベクトルの大きさに変数変換することを特徴とする請求項 1 に記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 3】**

割スリーブの寸法パラメータもしくは角度パラメータの分布データ、または割スリーブの接続損失値の分布データを組み合わせることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 4】**

フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度から上記軸ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 5】**

フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間の分布と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度の分布と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度の分布を、ベクトルとして合成して単一プラグの軸ずれ量分布とし、該単一プラグの軸ずれ量分布 2 個と、フェルールの外径差分布をベクトルとして合成することで算出したベア化した軸ずれ量分布から接続損失分布を計算することを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 6】**

フェルール貫通孔の外周部に対する長手方向の傾きから上記角度ずれ量を求めることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 7】**

フェルールの角度ずれ量分布 2 個を合成することで算出したベア化した角度ずれ量分布から接続損失分布を計算することを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 8】**

ベア化した軸ずれから算出した接続損失値と、ベア化した角度ずれから算出した接続損失値と、割スリーブの接続損失値を合計して総合接続損失値とすることにより、接続損失値の分布を計算することを特徴とする請求項 1～7 のいずれかに記載の光コネクタの接続損失計算方法。

**【請求項 9】**

請求項 1～8 の光コネクタの接続損失計算方法のいずれかをを用いたことを特徴とする光コネクタの接続損失計算シミュレータ。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】光コネクタの接続損失計算方法及びそれを用いたシミュレータ

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光通信に用いられる光コネクタの接続損失値の分布データをシミュレーションにより推定する方法及びその方法を用いたシミュレータに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、通信における情報量の増大に伴い、光ファイバを用いた光通信が使用されている。この光通信において、光ファイバ同士の接続には光コネクタが用いられている。

## 【0003】

該光コネクタに用いられるプラグ10は、図8及び図9に示すように円筒形のフェルル1に光ファイバ保護具2が予め固定されており、フェルル1に形成された貫通孔1aに被覆を除去した光ファイバ3の先端部分を挿入し、接着剤4により保持固定し、一対のフェルル1を割スリーブ5の両端から挿入して、該割スリーブ5の内部で凸球面状に研磨加工した先端面1b同士を当接させるようにした構造となっている。

## 【0004】

上記光コネクタでは、低損失でかつ低反射の光接続を保障するため、光コネクタの組立後、光学特性の測定が行われる。測定項目としては、光コネクタの接続部での光の透過率を示す接続損失と、光の反射率を示す反射減衰量とがあり、現在はこれらの接続損失と反射減衰量とを人手により個別に測定している。

## 【0005】

図10(a)及び(b)は光コネクタのランダム接続損失の測定法を説明する図である。この図において、LD光源11、リファレンス光コード12、光コネクタ12a、リファレンス光コネクタ12b、アダプタ13、被測定用である両端に光コネクタ付きの光コード14、測定対象である光コネクタ14a、終端側の光コネクタ14b、受光ユニット15、パワーメータ16から構成されている。

## 【0006】

ここでリファレンス光コネクタ12bとは、測定対象である光コネクタ14a、14bと同一の仕様の光コネクタであり、通常は製造上の被測定用光コネクタと同一ロットからランダムに抽出されたものを用いる。

## 【0007】

まず、光コネクタの接続損失の測定に先立ち、図11(a)に示す測定系において、接続損失の基準設定を行う。リファレンス光コード12の一端の光コネクタ12aをLD光源11に接続し、リファレンス光コネクタ12bを受光ユニット15に接続する。リファレンス光コネクタ12bからの出射光は、空気層を介して受光ユニット15により受光される。このリファレンス光コネクタ12bから出射パワーP0をパワーメータ16により読み取り、この値を接続損失測定における基準値（接続損失を0dB）と規定する。

## 【0008】

次に、測定対象である光コネクタ14aの接続損失を測定するため、リファレンス光コネクタ12bを受光ユニット15から取外した後、図11(b)に示すように、アダプタ13を介して被測定用の光コード14と接続し、光コネクタ14bからの出射光は、基準値測定の時と同様に、空気層を介して受光ユニット15により受光される。この時の出射パワーP1をパワーメータ16により測定する（特許文献1参照）。

## 【0009】

光コネクタの接続部での接続損失ILは、前記出射パワーP0、前記出射パワーP1、光ファイバの伝送損失 $\alpha$  (dB/Km)、光コネクタの端面での反射損失 $\beta$ を用いて次式で表される。

## 【数1】

$$IL(dB) = -10 \log \frac{P_1}{P_0} - \alpha - \beta$$

## 【0010】

ここで、光コネクタの端面での反射は、通常0.01%以下であり、反射損失 $\beta$ は測定器の分解能以下となるため考えなくてもよい。また、シングルモード光ファイバの場合は、伝送損失 $\alpha$ は0.35 dB/Km以下である。従って、測定対象とする光コードの長さが30m以下の場合は、伝送損失 $\alpha$ は測定器の分解能にほぼ等しい0.01 dB程度となるため無視して差し支えなく、30m以上の場合も光ファイバの伝送損失( $\alpha/m$ )を予め測定もしくは計算しておけば、いずれの場合も数1より光コネクタの接続損失ILを簡単に求めることができる。

## 【0011】

光コネクタにおける接続損失の要因としては、光ファイバのコア相互の軸ずれ、光ファイバ相互の角度ずれ、光コネクタ間の端面間隙、光ファイバ相互の構造不一致等があるが、通常の単一モード光コネクタでは、光ファイバのコア間の軸ずれ（以下、「軸ずれ」と称する）が主要因である。

## 【0012】

軸ずれの主要因は、フェルール1の貫通孔1aの加工精度である。しかし、通常の単一モード光コネクタで要求される偏心量が約0.7  $\mu$ m以下の領域では、貫通孔1aの偏心測定値と実際の接続損失値との間には殆ど相関は認められない。これは、光ファイバのコアの偏心と貫通孔1aの偏心とは必ずしも一致しないためである。即ち、光コネクタの貫通孔1aと、該貫通孔1aに挿入される光ファイバとの間には約1  $\mu$ m程度のクリアランスが必要であり、更に、光ファイバ自身も外径中心に対してコアが僅かに偏心しているため、貫通孔1aに偏心がない場合であっても、軸ずれが生ずることがある。

## 【0013】

ここで、光コネクタにおいて光ファイバ3のコアのフェルール1の外周面の中心に対する偏心量を測定することにより、単一モード光ファイバの光コネクタ接続において、光ファイバ間の軸ずれdによる挿入損失IL(dB)は次式で与えられる。

## 【数2】

$$IL_{\Delta}(dB) = -10 \log [e^{-(d/w)^2}]$$

## 【0014】

ここで、wは光ファイバのモードフィールド半径である。この式を展開すると次式となる。

## 【数3】

$$IL_{\Delta}(dB) = 4.34 \frac{d^2}{w^2}$$

## 【0015】

ここで、w=4.7  $\mu$ mと仮定すると、光ファイバ間の軸ずれdによる挿入損失IL $_{\Delta}$ (dB)は、軸ずれdが0.5  $\mu$ mの場合には約0.05 dB、1  $\mu$ mで約0.20 dB、2  $\mu$ mで約0.79 dBになる。したがって、光ファイバ間の軸ずれが大きくなるにしたい、接続損失の変化量が増大する。

## 【0016】

次に、光ファイバ相互の角度ずれ（以下、「角度ずれ」と称する）の主要因はフェルー

ル 1 の貫通孔 1 a の外周面 1 c に対する角度ずれである。ここで、光コネクタにおいて、光ファイバ 3 の出射角の外周面 1 c に対する角度ずれを  $\theta$  とすると、挿入損失  $IL_{\theta}$  (dB) は次式で表される。

【数 4】

$$IL_{\theta}(dB) = -10 \log [e^{-(\pi n \theta w / \lambda)^2}]$$

【0017】

ここで、 $n$  は光ファイバの屈折率であり、 $\lambda$  は真空中の光の波長を表す。ここで、 $\lambda$  に光ファイバの一般的な屈折率 1.46 を代入し展開すると次式となる。

【数 5】

$$IL_{\theta}(dB) = 91.4 \frac{\theta^2 w^2}{\lambda^2}$$

【0018】

ここで、光ファイバ間の角度ずれ  $\theta$  による挿入損失  $IL_{\theta}$  (dB) は、角度ずれ  $\theta$  が  $0.2^\circ$  の場合には約 0.014 dB、 $0.5^\circ$  の場合には約 0.089 dB となり、角度ずれ  $\theta$  が大きくなるにしたがい、接続損失の変化量が増大する。しかし、軸ずれ  $d$  に対する接続損失に比べて影響が少ない。

【0019】

上記数 1 及び数 2 より図 12 に示すように、軸ずれと角度ずれと接続損失を示したグラフが簡易的に用いられ、個別の光コネクタの角度ずれ及び軸ずれから大まかな接続損失を推定していた（非特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特許 3323919 号公報（段落 0003～0008）

【非特許文献 1】研究実用化報告第 32 巻第 3 号（1983）P 675、「単一モードファイバ用光回路」3.1 項

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

ところが、従来の接続損失を推定する方式では、軸ずれはフェルールの偏心量、フェルールの貫通孔 1 a と光ファイバの外径差及び光ファイバのコアの同芯度等が複雑に絡み合うために、光ファイバをフェールに接着固定した後の光ファイバのコアの位置が外周面の中心に対して、どれだけ偏心しているかを測定しなければならず、また、角度ずれについても同様に光ファイバをフェールに接着固定した後の光ファイバの長手方向の角度が外周面に対して、どれだけ傾いているのかを、光を光ファイバの先端から出射させて出射角を測定してからでないと、接続損失を推定できなかった。

【0021】

つまり、全てサンプルを実際に製造してそれから、測定しなければならなかったもので、サンプル作成上及び軸ずれ、角度ずれの測定上多大な工数を要した。

【0022】

また、実際にサンプルを作成するのであれば、出射角や軸ずれを一々測定しなくとも、直接接続損失を測定すれば実測値を得ることが出来たが、いずれにしても接続損失を測定するために多大な工数を要した。

【0023】

更には、従来の方法で測定した軸ずれおよび角度ずれは、光ファイバ及びフェールの寸法パラメータが複雑に絡み合っているために、どのパラメータがどのように接続損失に影響を与えているかを類推することは困難であった。

【課題を解決するための手段】

**【0024】**

そこで本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、円筒形の単心フェルールおよびそれに挿入する光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量および／または角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算することを特徴とする。

**【0025】**

即ち本発明は、上記軸ずれ量、角度ずれ量のいずれか一方のみ、あるいは両方を用いて、これらのずれ量を軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することを特徴とするものである。

**【0026】**

また、フェルールの寸法パラメータの分布データと光ファイバの寸法パラメータの分布データから生ずる軸ずれ量分布、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから生ずる角度ずれ量分布を、ベクトルとして合成する際に、合成される2個の軸ずれベクトルまたは角度ずれベクトルの成す角を、合成した軸ずれベクトルまたは角度ずれベクトルの大きさに変数変換することを特徴とする。

**【0027】**

更には、割スリーブの寸法パラメータもしくは角度パラメータの分布データ、または、割スリーブの接続損失値の分布データを組み合わせることを特徴とする。

**【0028】**

また、フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度から上記軸ずれ量を求めることを特徴とする。

**【0029】**

さらに、フェルールの内径と光ファイバ外径から生じる隙間の分布と、フェルールの外周部と貫通孔との同芯度の分布と、光ファイバのコアとクラッドとの同芯度の分布を、ベクトルとして合成して単一プラグの軸ずれ量分布とし、該単一プラグの軸ずれ量分布2個と、フェルールの外径差分布をベクトルとして合成することで算出したペア化した軸ずれ量分布から接続損失分布を計算することを特徴とする。

**【0030】**

また、フェルール貫通孔の外周部に対する長手方向の傾きから上記角度ずれ量を求めることを特徴とする。

**【0031】**

さらに、フェルールの角度ずれ量分布2個を合成することで算出したペア化した角度ずれ量分布から接続損失分布を計算することを特徴とする。

また、ペア化した軸ずれから算出した接続損失値と、ペア化した角度ずれから算出した接続損失値と、割スリーブの接続損失値を合計することにより総合接続損失値とすることにより、接続損失値の分布を計算することを特徴とする。

**【0032】**

そして、光コネクタの接続損失計算シミュレータにおいて、上記光コネクタの接続損失計算方法の少なくともいずれかを用いたことを特徴とする。

**【発明の効果】****【0033】**

以上のように本発明によれば、長手方向に貫通孔を有するフェルールおよびそれに挿入する光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量ならびに角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算することにより、多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得ることが出来

る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下本発明の実施形態を説明する。

【0035】

本発明は、長手方向に貫通孔を有するフェルールおよびそれに挿入する光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、および／またはフェルールの角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量ならびに角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算することを特徴とする。

【0036】

本発明の一例として、確率変数変換法にて接続損失値の分布をシミュレーションする方法について図1に示す。

【0037】

まず、光ファイバ外径の分布データとフェルール内径の分布のデータから、光ファイバとフェルールの隙間の半値の分布データに変換する。フェルール先端面において光ファイバの外周面はフェルールの内周面に少なくとも1箇所で必ず当接するので、フェルール内径と光ファイバ外径の隙間つまりフェルール内径から光ファイバ外径を引いた値の半値が軸ずれとなる。

【0038】

次にフェルール同芯度の分布のデータと光ファイバコア同芯度の分布のデータを用意する。

【0039】

以上のフェルール内径から光ファイバ外径を引いた値の半値の分布及びフェルール同芯度分布及び光ファイバコア同芯度分布から単一プラグの総軸ずれ分布を計算する。

【0040】

図2(a)は貫通孔1aを有するフェルール1に光ファイバ保護具2が固定されており、光ファイバ3を光ファイバ保護具2の開口部から挿入固定してプラグ10が形成される。軸ずれはフェルール先端面1bでの外周部1cの中心からの位置のずれを意味するので、A視した図を図2(b)に示す。

【0041】

ここで、外周部1cの中心を $O_1$ とする。フェルールの貫通孔の中心を $O_2$ とすると、 $O_2$ の位置ずれが同芯度の半値となる。次に、光ファイバの中心位置が $O_3$ であり、 $O_2$ と $O_3$ の距離はフェルール内径から光ファイバ外径を引いた値の半値となる。更に、光ファイバコアの中心位置は $O_4$ となり、 $O_3$ と $O_4$ の距離は光ファイバコアの同芯度の半値となる。最終的に $O_1$ と $O_4$ の距離がフェルール外周部1cに対する総軸ずれ $d_T$ となる。

【0042】

この様に、各パラメータにおける単一の軸ずれは軸ずれしている方向がランダムなので、各パラメータにおける軸ずれが大きければ総軸ずれが大きくなるとは限らない。

【0043】

以上により、単一プラグの軸ずれを求めたが、光コネクタとしては一対2個のプラグを当接させた条件で計算する必要がある、図3を用いてペア化した軸ずれの計算方法について説明する。

【0044】

図3(a)はフェルール1にフェルール1'が当接した状態を示しており、割スリーブ5によって先端面1bと1b'が接触している。

【0045】

ここで図3(b)に示すように、割スリーブ5のスリット5aの対向部5bの内周面がフェルール1とフェルール1'の位置基準点となり、大径のフェルール1'がスリット5



a の方向へ位置ずれを生じることとなる。小径フェルール 1 の外周部の中心  $O_1$  に対する総軸ずれの中心を  $O_4$  とし、大径フェルール 1' の外周部の中心  $O_1'$  に対する総軸ずれの中心を  $O_4$  としたときに、 $O_1$  と  $O_1'$  の距離  $d_s$  分スリット 5 a の方向へ位置ずれを生じる。ここで  $O_1$  と  $O_1'$  の距離  $d_s$  は大径フェルール 1' の外径と小径フェルール 1 の外径との差の半値である。

#### 【0046】

従って、ペア化した最終的な軸ずれの中心は  $O_5$  となり  $O_4$  と  $O_5$  との距離  $d_p$  がペア化した軸ずれとなる。

#### 【0047】

ここで、大径フェルール 1' と小径フェルール 1 の外径は図 1 に示す様にフェルール外径の分布データからランダムに抽出しておく。

#### 【0048】

次に、角度ずれであるが、これも上記同様に単一フェールの角度ずれの分布データから、ペア化した角度ずれ分布を計算する。

#### 【0049】

図 4 (a) はフェルール 1、1' が割スリーブ 5 内部で先端面 1 b、1 b' にて当接している状態の断面図であり、貫通孔 1 a、1 a' は断面上  $\theta^\circ$ 、 $\theta'^\circ$  傾いている。しかしながら、接触面内の角度方向に  $\phi$ 、 $\phi'$  傾斜していることも考慮に入れる必要があり、最終的にフェルール 1 の角度ずれのベクトル  $r$  とフェルール 1' のベクトル  $r'$  との相対的な角度がペア化した角度ずれとなる。

#### 【0050】

ここで、2 個の寸法パラメータ分布データを、その 2 個の寸法パラメータのなす角を考慮して合成する方法について説明する。

#### 【0051】

図 5 は寸法パラメータ 1 のベクトルと寸法パラメータ 2 のベクトルが合成されて寸法パラメータ 3 のベクトルが生成されるということを示している。ベクトルの向きに関してはランダムであるから、なす角度  $\theta$  は  $0 \sim 180$  度の範囲に一様分布している。よって、寸法パラメータ 1、2、なす角  $\theta$  はいずれも分布を持っている。寸法パラメータ 3 の大きさは、三角関数の余弦定理を使えば寸法パラメータ 1、2、なす角  $\theta$  で表される。寸法パラメータ 1 と 2 の合成とは、寸法パラメータ 1、2、なす角  $\theta$  を独立な確率変数とした確率分布を、合成された寸法パラメータ 3 を唯一確率変数とする分布に変換することに他ならない。つまり、寸法パラメータ 1、2、なす角  $\theta$  の計 3 確率変数を寸法パラメータ 3 に変換することで分布が求まる。

#### 【0052】

2 個の角度パラメータ分布データを、その 2 個の角度パラメータのなす角を考慮して合成する場合にもこの方法を用いる。

#### 【0053】

以上によりペア化した軸ずれ分布とペア化した角度ずれ分布を算出することができた。

#### 【0054】

次に図 1 に戻り説明するが、ペア化した軸ずれ分布から数 3 より軸ずれによる接続損失値分布を求める。更にはペア化した角度ずれ分布から数 5 より角度ずれによる接続損失値分布を求める。

#### 【0055】

以上の軸ずれによる接続損失値分布と角度ずれによる接続損失値分布と、割スリーブの接続損失分布を合計して総合接続損失分布が算出できる。具体的に次のようにする。異なる要因を含んだ接続損失は、それら一つ一つが十分に低損失な場合、個々の要因による接続損失を足し合わせるだけでよい。よって、総合接続損失は、軸ずれによる接続損失と角度ずれによる接続損失と割スリーブの接続損失の和であるといえる。このことは、軸ずれによる接続損失を  $IL_\Delta$ ；角度ずれによる接続損失を  $IL_\theta$ ；割スリーブの接続損失を  $IL_s$ ；総合接続損失を  $IL$  とすると、次の式で表される。

## 【数6】

$$IL(n) = IL_{\Delta}(i) + IL_{\theta}(j) + IL_{sl}(k)$$

## 【0056】

但し、接続損失はいずれも非負である。実際のデータとしては、接続損失は連続変数ではなく離散変数である。よって、非負の整数  $i$ 、 $j$ 、 $k$ 、 $n$  を用いて、例えば 0.01 dB を単位として、軸ずれによる接続損失を  $i$ ；角度ずれによる接続損失を  $j$ ；割スリーブの接続損失を  $k$ ；総合接続損失を  $n$  と表す。また、それらの確率をそれぞれ、 $P_{\Delta}(i)$ ； $P_{\theta}(j)$ ； $P_{sl}(k)$ ； $P(n)$  と表す。これらの確率は、それぞれの接続損失確率分布中のヒストグラムの高さであり、非負の整数  $i$ 、 $j$ 、 $k$ 、 $n$  はそのヒストグラムのラベルである。よって、数6を離散化して以下の式になる。

## 【数7】

$$n = i + j + k$$

## 【0057】

幾何学的には図6に示すように、数7は  $IL_{\Delta}$ 、 $IL_{\theta}$ 、 $IL_{sl}$  軸上の値  $n$  の点を結んでできる三角形に含まれる座標  $(i, j, k)$  の満たす方程式である。一方、軸ずれによる接続損失が  $i$  であり、かつ角度ずれによる接続損失が  $j$  であり、かつ割スリーブの接続損失が  $k$  である確率は  $P_{\Delta}(i) \times P_{\theta}(j) \times P_{sl}(k)$  である。よって、数7を満たすすべての  $i$ 、 $j$ 、 $k$  の組が総合接続損失を  $n$  にするので、総合接続損失が  $n$  になる確率  $P(n)$  は、数7を満たすすべての  $i$ 、 $j$ 、 $k$  の組に関して  $P_{\Delta}(i) \times P_{\theta}(j) \times P_{sl}(k)$  の和を計算することで得られる。これは次式で与えられる。

## 【数8】

$$P(n) = \sum_i \sum_j \sum_k P_{\Delta}(i) P_{\theta}(j) P_{sl}(k)$$

## 【0058】

この総合接続損失分布を用いると、総合接続損失の平均値、ばらつき、最大値が計算できる。なお、最大値はシミュレーション上は、確率の僅かなところまで算出されてくる可能性があるため、現実的な値とはならない。そこで IEC 61755-2-1 で規定されているように 97% 最大値を用いることでもよい。

## 【0059】

本発明で使用する寸法パラメータのデータ数は少なくとも 10 個のデータがあることが望ましく、特に望ましくは 100 個以上のデータがあることがよい。これは、データ数が多ければ多いほど、ヒストグラム化した際に滑らかな曲線の分布とすることができるからである。

## 【0060】

また、寸法パラメータのデータ刻みは  $0.1 \mu\text{m}$  以下であることが望ましく、特に望ましくは  $0.05 \mu\text{m}$  以下であることがよい。これは、データ刻みが小さければ小さいほど、連続確率分布に近いヒストグラムを生成できるからである。

## 【0061】

なお、以上の実施形態では軸ずれ量と角度ずれ量の両方を用いて接続損失を計算したが、例えば軸ずれ量に比べて角度ずれ量が非常に小さい場合は軸ずれ量のみで接続損失を計算することも可能であり、その逆の場合は角度ずれ量のみで計算することも可能である。

## 【0062】

以上、確率変数の変換法を用いた例で説明してきたが、確率変数変換法に限ることなくフェルールを有した光コネクタの少なくともフェルールの寸法パラメータの分布データと

、少なくとも光ファイバの寸法パラメータの分布データから軸ずれ量分布を計算し、そこから該接続損失値の分布を計算する方法であれば、いかなる方法を用いてもよく、本発明の効果である、多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得ることが出来る。

【0063】

光コネクタの接続損失を小さくするために、軸ずれの方向をある一定方向に合わせこむ、調芯技術が導入されているが、本発明の光コネクタの接続損失計算方法を用いることも可能である。

【0064】

本発明では、上記光コネクタの接続損失計算方法を用いてシミュレーションソフトウェアとすることが特徴である。

【0065】

前記、パーソナルコンピュータの総合型表計算ソフト「Excel」で作成する方法が、簡便、低価格でしかももっとも一般的に使い慣れた方法であるために特に望ましいが、Basic、Fortran、C言語等を用いて作成することでも、同様に本発明の効果を奏することができる。

【0066】

本発明の光コネクタの接続損失計算方法及びそれを用いたシミュレータは、シングルモード光ファイバで説明してきたが、マルチモード用光ファイバにも適用することができる。

【実施例】

【0067】

以下本発明の実施例を説明する。

【0068】

図1に示す本発明の光コネクタの接続損失計算シミュレータを用いて、フェルール内径を $\phi 125.2 \sim 125.7 \mu\text{m}$ 、同芯度を $0 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 、外径を $\phi 2.4989 \sim 2.4992 \text{mm}$ 、角度ずれを $0.02 \sim 0.14^\circ$ 、光ファイバの同芯度を $0 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 、外径を $124.8 \sim 125.3 \mu\text{m}$ の分布データとして、シミュレーションを行った。

【0069】

その総合接続損失確率分布ヒストグラムを図7に示す。

【0070】

以上より、接続損失値の平均値が $0.089 \text{dB}$ 、97%最大値が $0.276 \text{dB}$ という結果となった。

【0071】

次に比較として、上記シミュレータにて使用した分布データをもつフェルール内径を $\phi 125.2 \sim 125.7 \mu\text{m}$ 、同芯度を $0 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 、外径を $\phi 2.4989 \sim 2.4992 \text{mm}$ 、角度ずれを $0.02 \sim 0.14^\circ$ 、光ファイバの同芯度を $0 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 、外径を $124.8 \sim 125.3 \mu\text{m}$ の分布データをもつサンプルを50個作成して、接続損失を図11に示す方法にて実測し、総当りで1,225個の接続損失のデータ数を得た。

【0072】

このとき、研磨後損失測定前のフェルール先端面は光学顕微鏡にてごみ、きず等のなきことを確認してから測定した。

【0073】

その結果は、接続損失の平均値が $0.085 \text{dB}$ 、97%最大値が $0.200 \text{dB}$ となった。

【0074】

以上より、本発明のフェルールおよび光ファイバの寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、ならびにフェールの角度パラメータの分布データから求まる

角度ずれ量を、光ファイバおよびフェルールの軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量ならびに角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算する方法は、サンプルを作成し接続損失を実測する方法とほぼ同等の値が得られることが確認できた。

**【0075】**

なお、所要時間は、本発明はデータ入力を含めて数十分であったのに対して、比較例の実測する方法では、サンプル作成、測定、データまとめ含めて数十時間かかり、本発明では多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得ることが出来た。

**【図面の簡単な説明】****【0076】**

【図1】 本発明の接続損失計算シミュレータの流れを示すフローチャートである。

【図2】 (a) 及び (b) は本発明の単一プラグの軸ずれを説明する図である。

【図3】 (a) 及び (b) は本発明のペア化した軸ずれを説明する図である。

【図4】 (a) 及び (b) は本発明のペア化した角度ずれを説明する図である。

【図5】 寸法パラメータ分布を合成する方法を説明する図である。

【図6】 軸ずれ接続損失分布と角度ずれ接続損失分布と割スリーブ接続損失分布を合算して総合接続損失分布を計算する方法を説明する図である。

【図7】 本発明の接続損失計算シミュレータにて推定した実施例を示すグラフである。

【図8】 一般的なプラグを示す断面図である。

【図9】 一般的な光コネクタを示す断面図である。

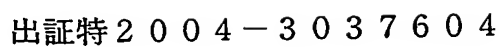
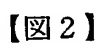
【図10】 光コネクタの接続損失の測定方法を示す図である。

【図11】 軸ずれと角度ずれと接続損失を表す線図である。

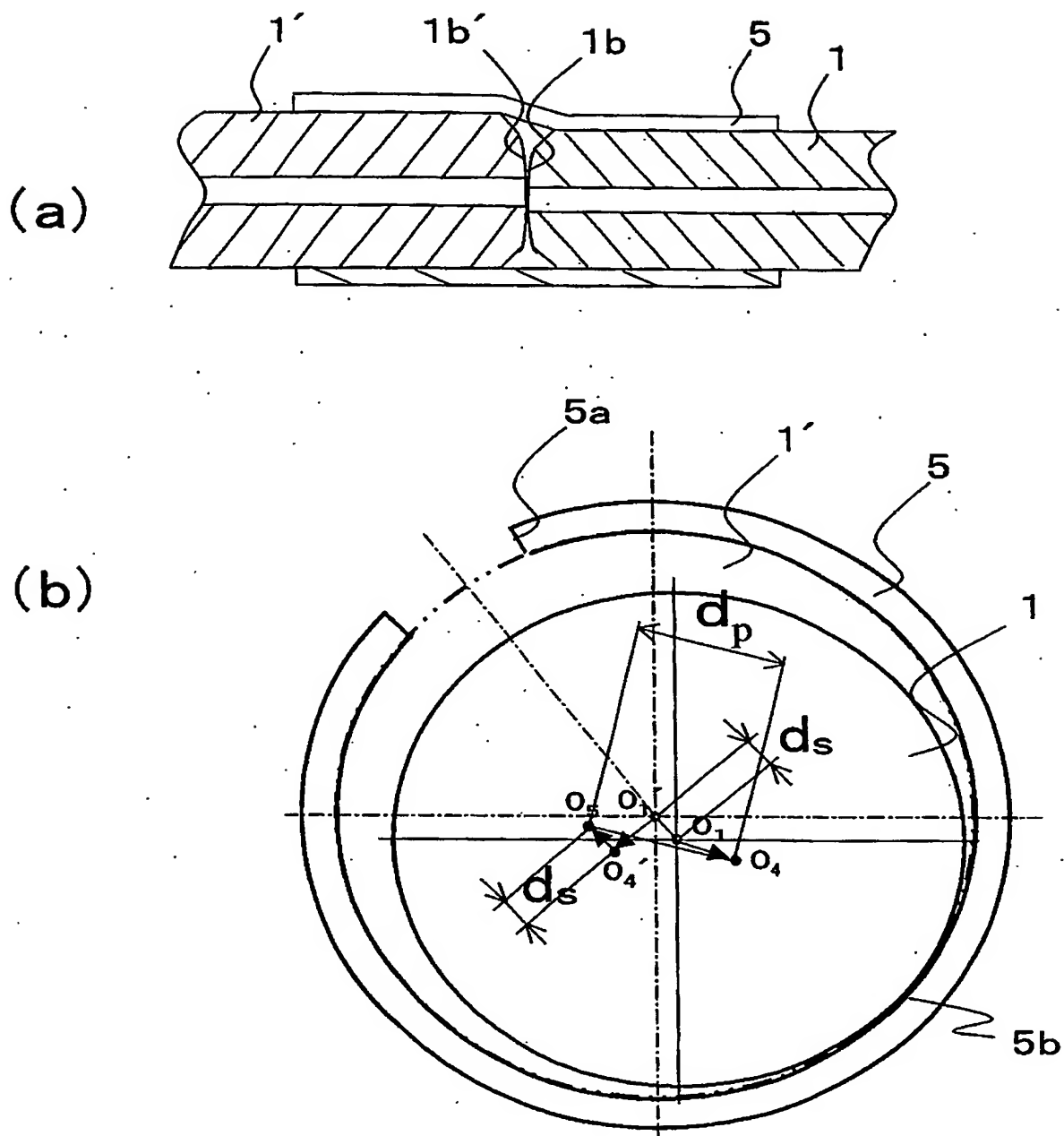
**【符号の説明】****【0077】**

- 1 : フェルール
- 1' : フェルール
- 1a : 貫通孔
- 1b : 先端面
- 1c : 外周部
- 1d : 先端面
- 1e : 面取部
- 2 : ファイバ保護具
- 3 : 光ファイバ
- 3a : コア
- 3b : クラッド
- 4 : 接着剤
- 5 : 割スリーブ
- 10 : プラグ
- 11 : LD光源
- 12 : リファレンス光コード
- 12a : 光コネクタ
- 12b : 光コネクタ
- 13 : アダプタ
- 14 : 被測定用光コード
- 14a : 光コネクタ
- 14b : 光コネクタ
- 15 : 受光ユニット
- 16 : パワーメータ
- IL : 接続損失

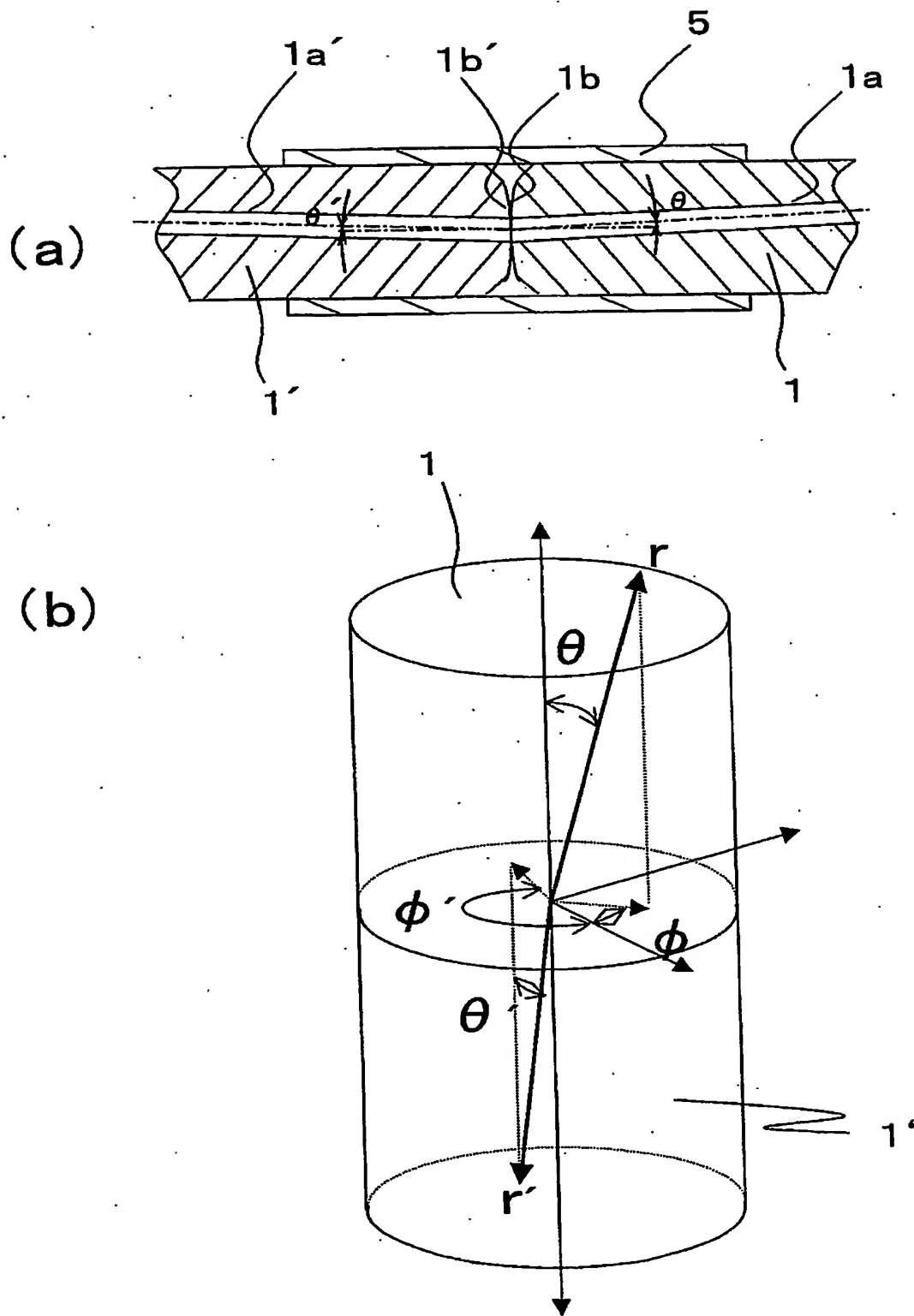
【圖 1】



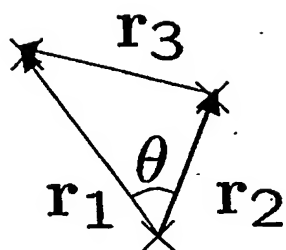
【図 3】



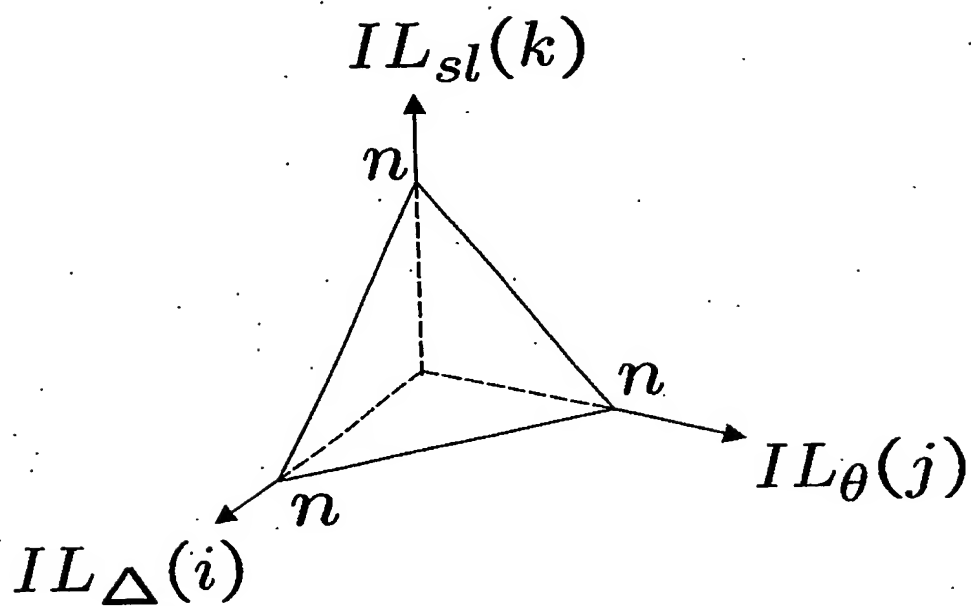
【図 4】



【図 5】

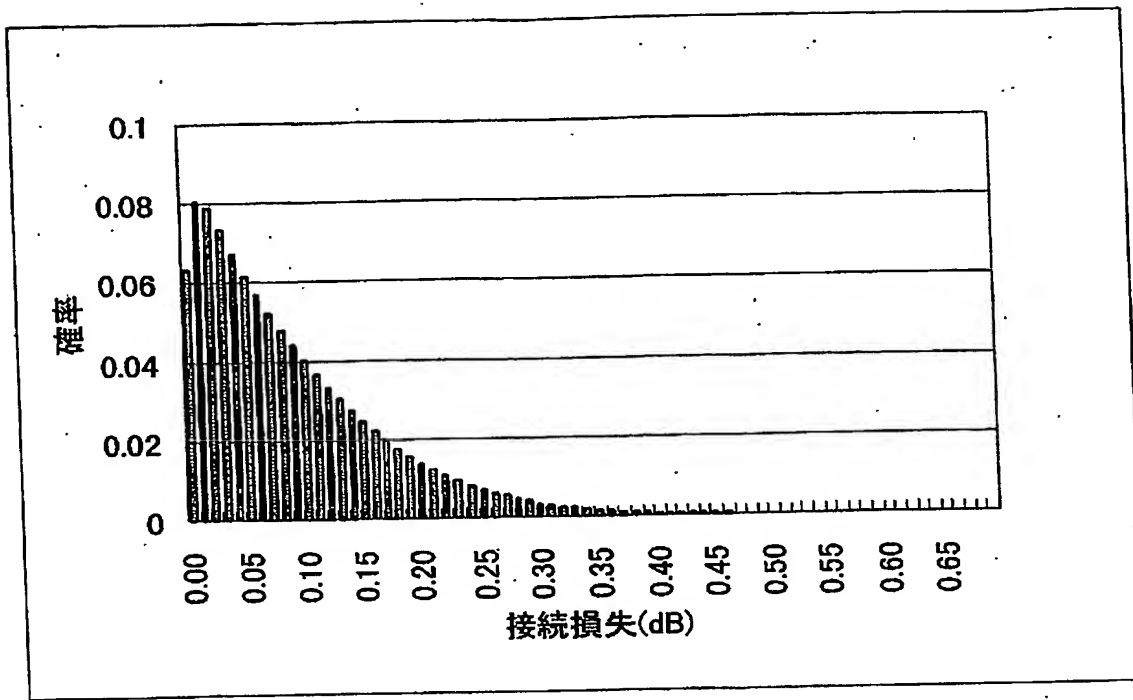


【図 6】

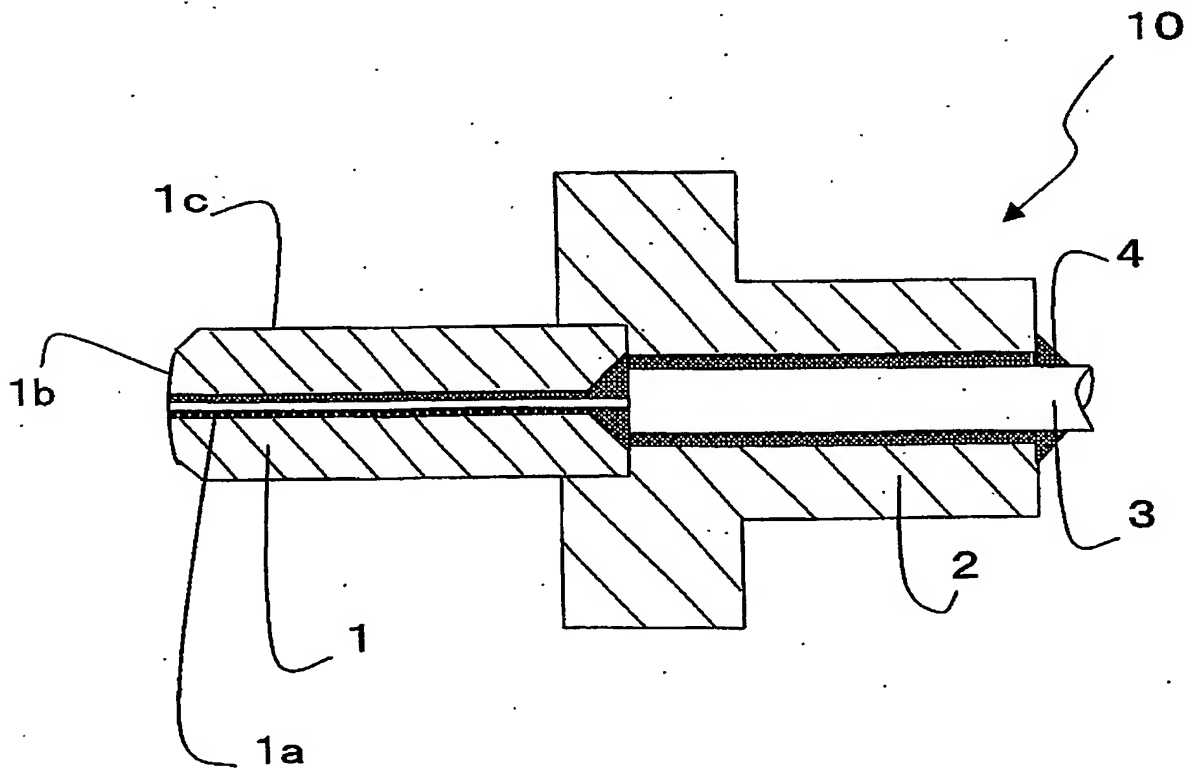




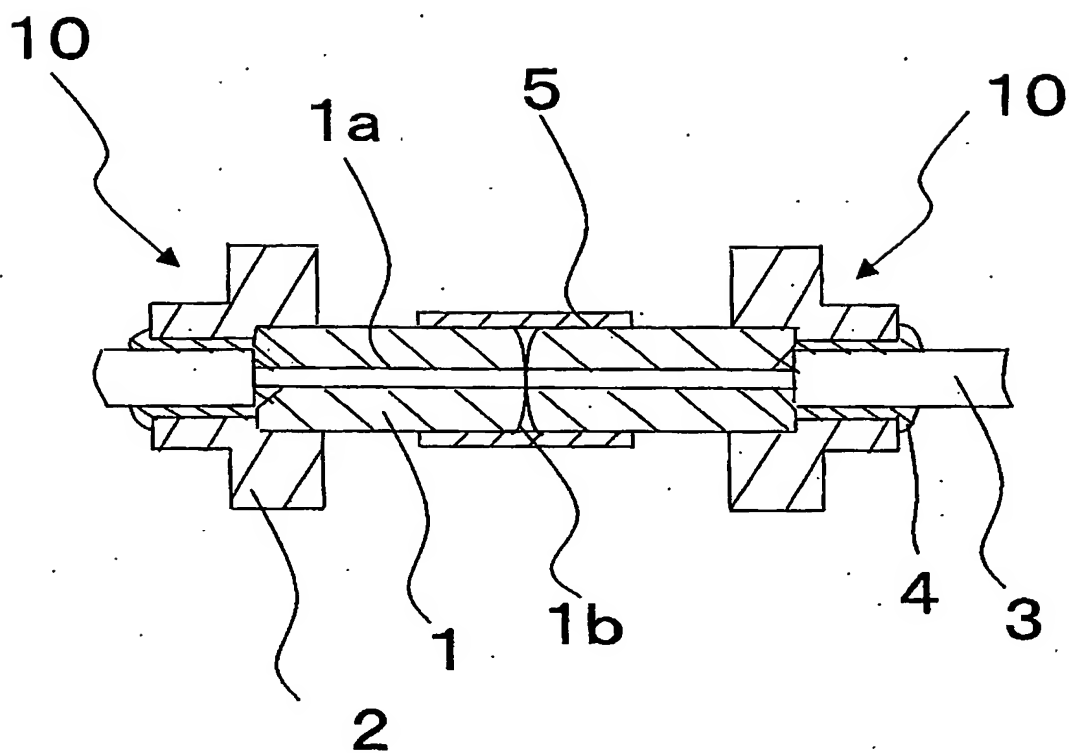
【図7】



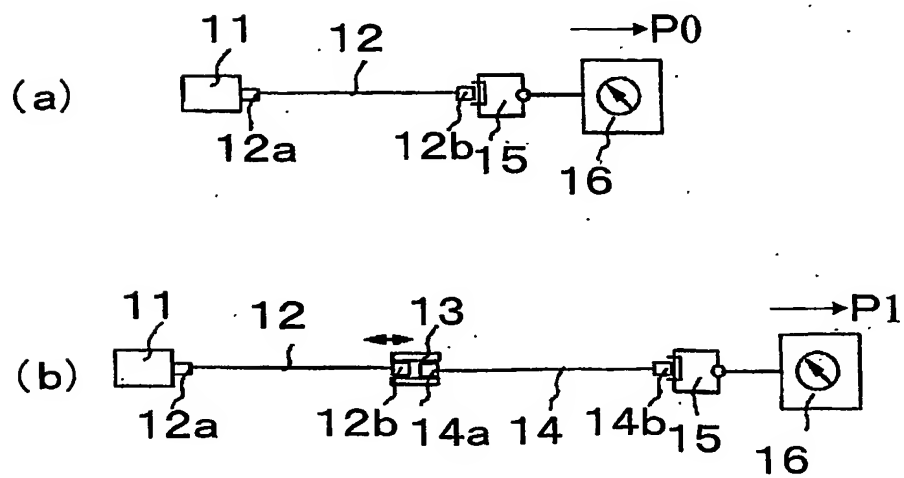
【図8】



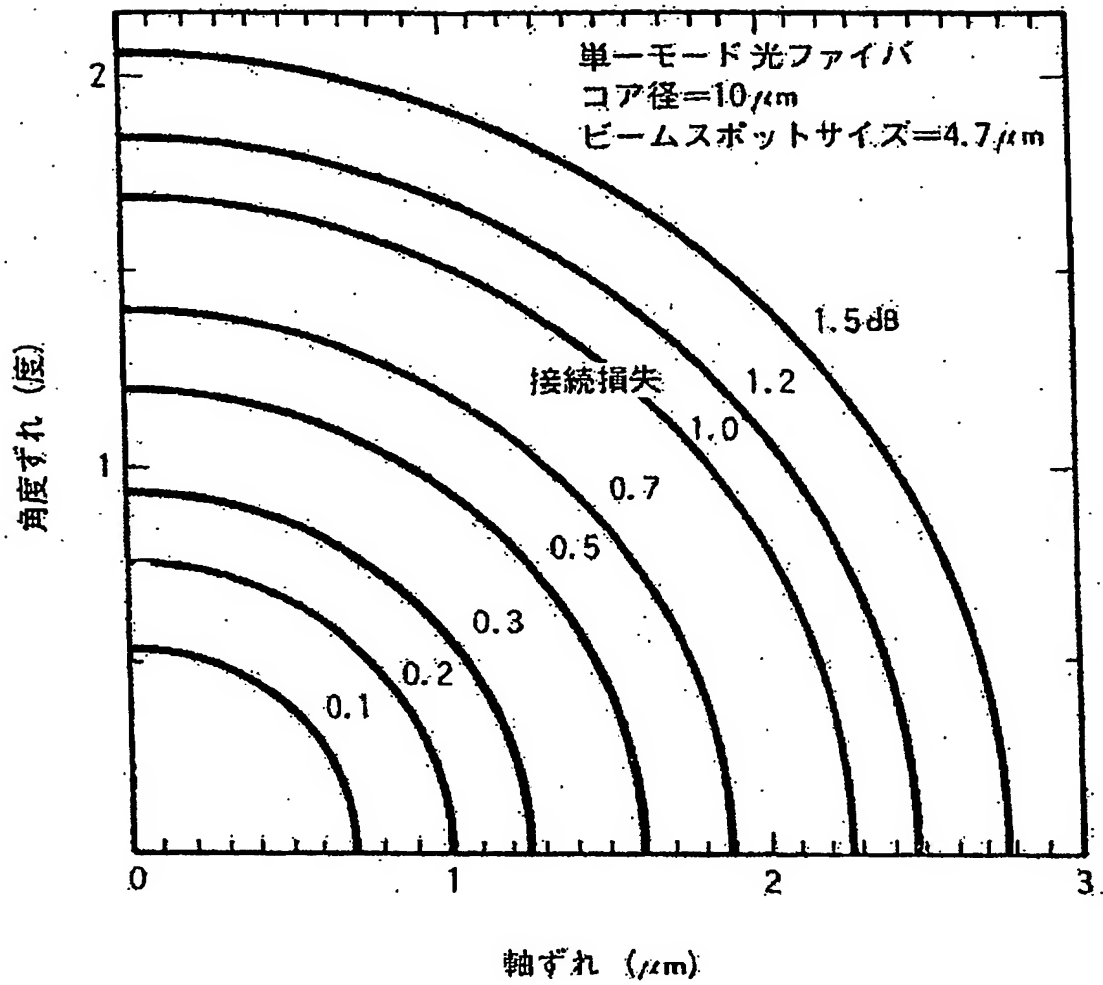
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 多大な工数と経費を要しないで容易に接続損失の分布データを得る。

【解決手段】 長手方向に貫通孔を有するフェルール 1 およびそれに挿入する光ファイバ 3 の寸法パラメータの分布データから求まるそれぞれの軸ずれ量、および／またはフェルール 1 の角度パラメータの分布データから求まる角度ずれ量を、光ファイバ 3 およびフェルール 1 の軸方向に垂直な面内のベクトル量として総和を計算することで、接続状態での軸ずれ量ならびに角度ずれ量の分布を計算し、そこから接続損失分布を計算する。

【選択図】 図 1

特願 2003-300656

出願人履歴情報

識別番号

[000006633]

1. 変更年月日  
[変更理由]  
住所  
氏名

1998年 8月21日  
住所変更  
京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地  
京セラ株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**